



**Ecolinfo**  
*Groupement de service*

# Les métaux dans le secteur du numérique : ?

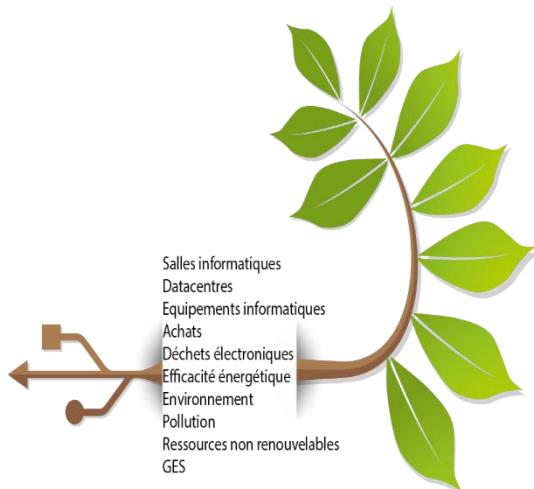
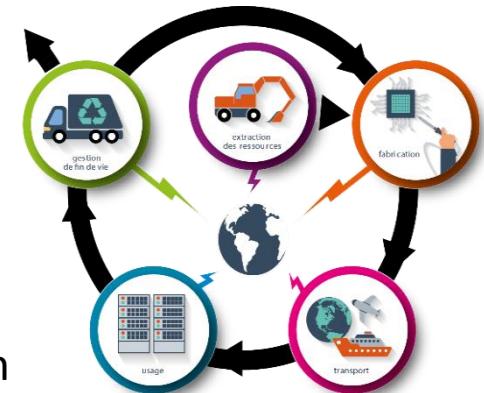
Françoise Berthoud  
26 mars 2019

COMES  
Ministère de l'environnement et de la solidarité



<http://ecoinfo.cnrs.fr/>

- Groupe interdisciplinaire (ingénieurs, chercheurs, étudiants) des secteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur en France
- **Objectif :** évaluer et réduire les impacts environnementaux des TICs (Technologies de l'Information et de la communication)



- Evaluations
- Mise en ligne de ressources documentaires
- Conseils (optimisation énergétique DC, cahiers des charges, bonnes pratiques, audits salles informatiques etc.)
- Formations
- Conférences, interventions
- Etudes / expertises

# Numérique ?

- Equipements terminaux (PC, laptop, tablette, smartphone, mobile, ..)
- Ecrans (moniteurs)
- Serveurs et leur environnement
- Equipements réseaux passifs et actifs (filaire, WIFI, GSM, xG, ..)
- TV, TV connectés
  
- IOT [Nouveau]
- Numérique embarqué ? (véhicules etc.)

# Production

- Les données +/- disponibles (mais en général imprécises et très évolutives)
  - Production de métaux
  - Taux d'utilisation par secteur
  - Volumes vendus par an de certains équipements (écrans, serveurs, PC, portables, smartphones, TV, ...)
  - Composition en métaux de certains équipements
  - Durée de vie moyenne des équipements

→ Flux

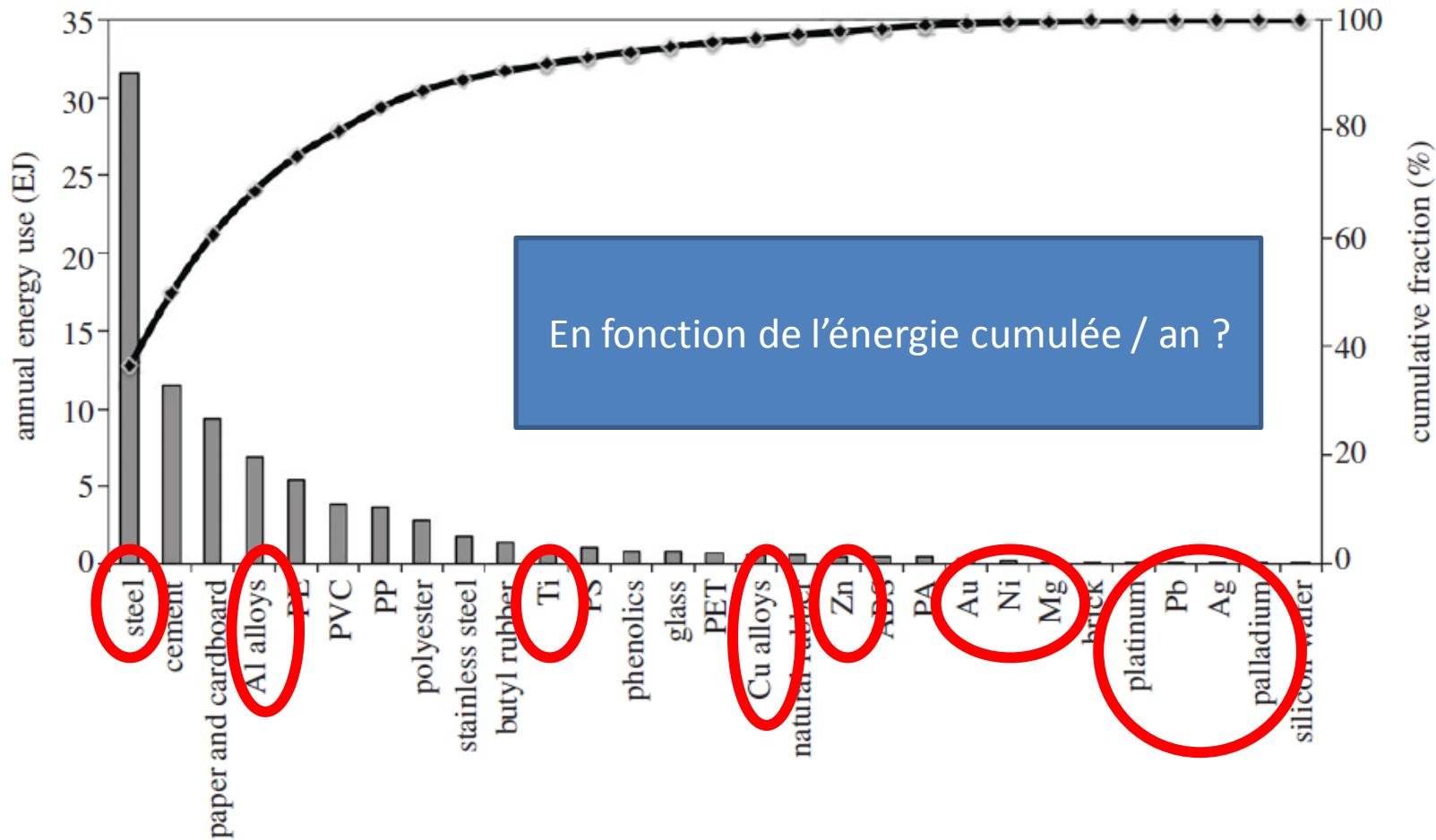
→ Stocks

- Question des réserves ?

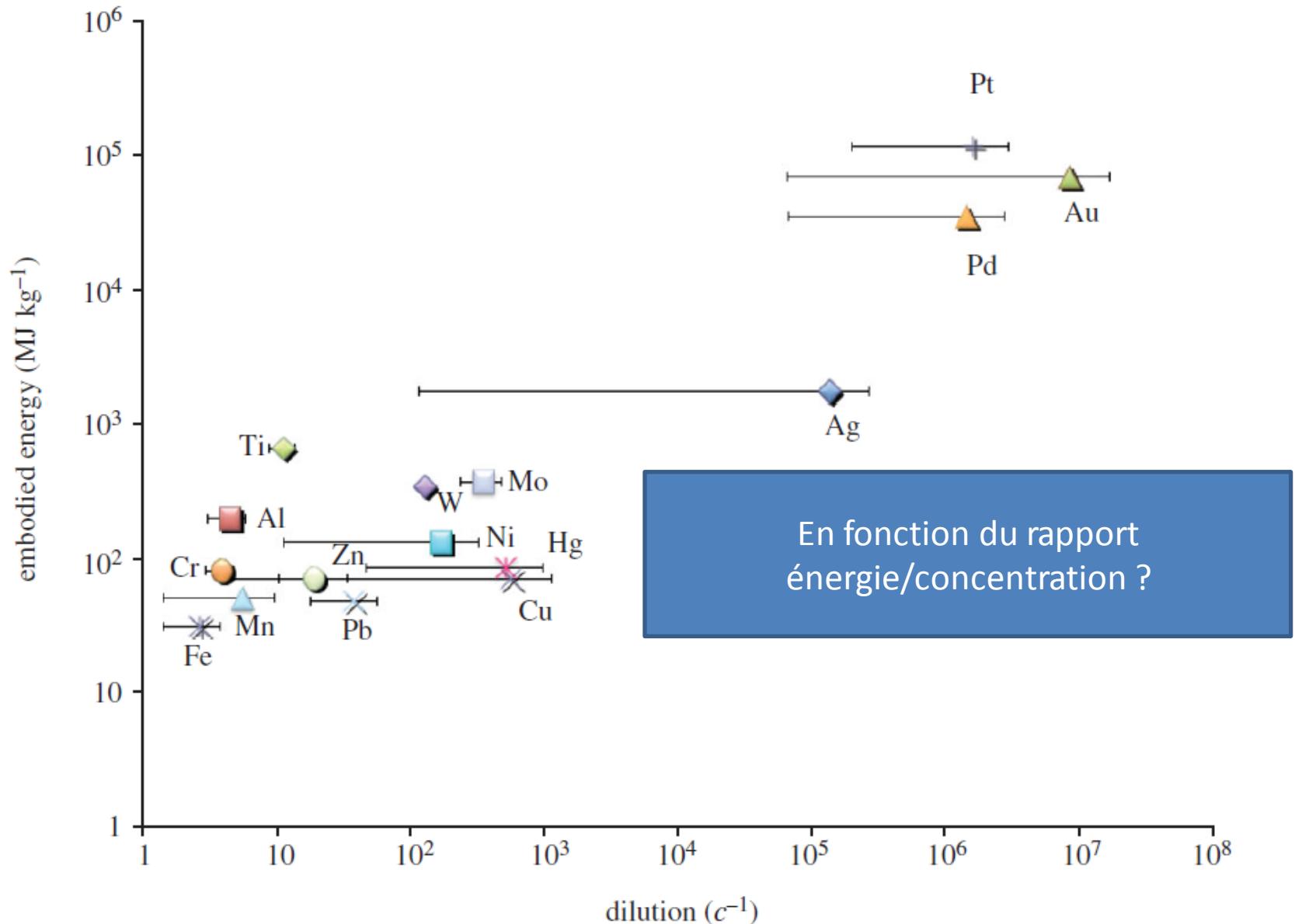
# limites

- Difficile d'accéder aux données sectorielles
- Périmètre « secteur » pas clair et évolutif en fonction du temps (IoT, véhicules, vêtements connectés etc. ...)
- Composition en métaux des équipements : connaissances très partielles et très variables en fonction des modèles (dynamique du secteur)
- Durée de vie moyenne des équipements variable en fonction des zones géographiques
- Choix des métaux : sur lesquels se concentrer ?

# Sur quels métaux se concentrer ?

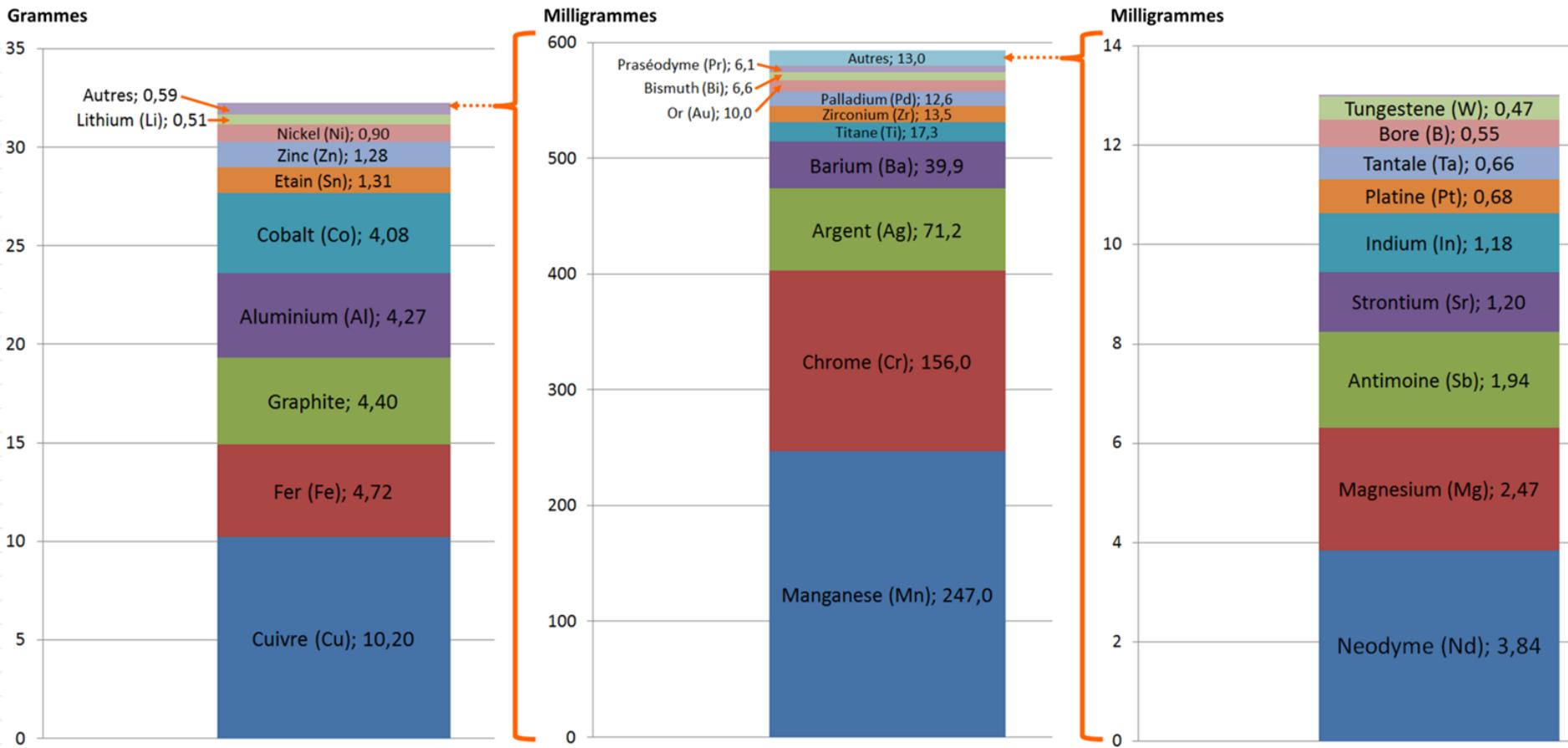


**Figure 1.** Annual primary energy used for the production of 29 materials worldwide, cumulative scale on the right. PE, polyethylene; PVC, polyvinyl chloride; PP, polypropylene; PS, polystyrene; PET, polyethylene terephthalate; ABS, acrylonitrile butadiene styrene; PA, polyamides. Adapted from Ashby [10].

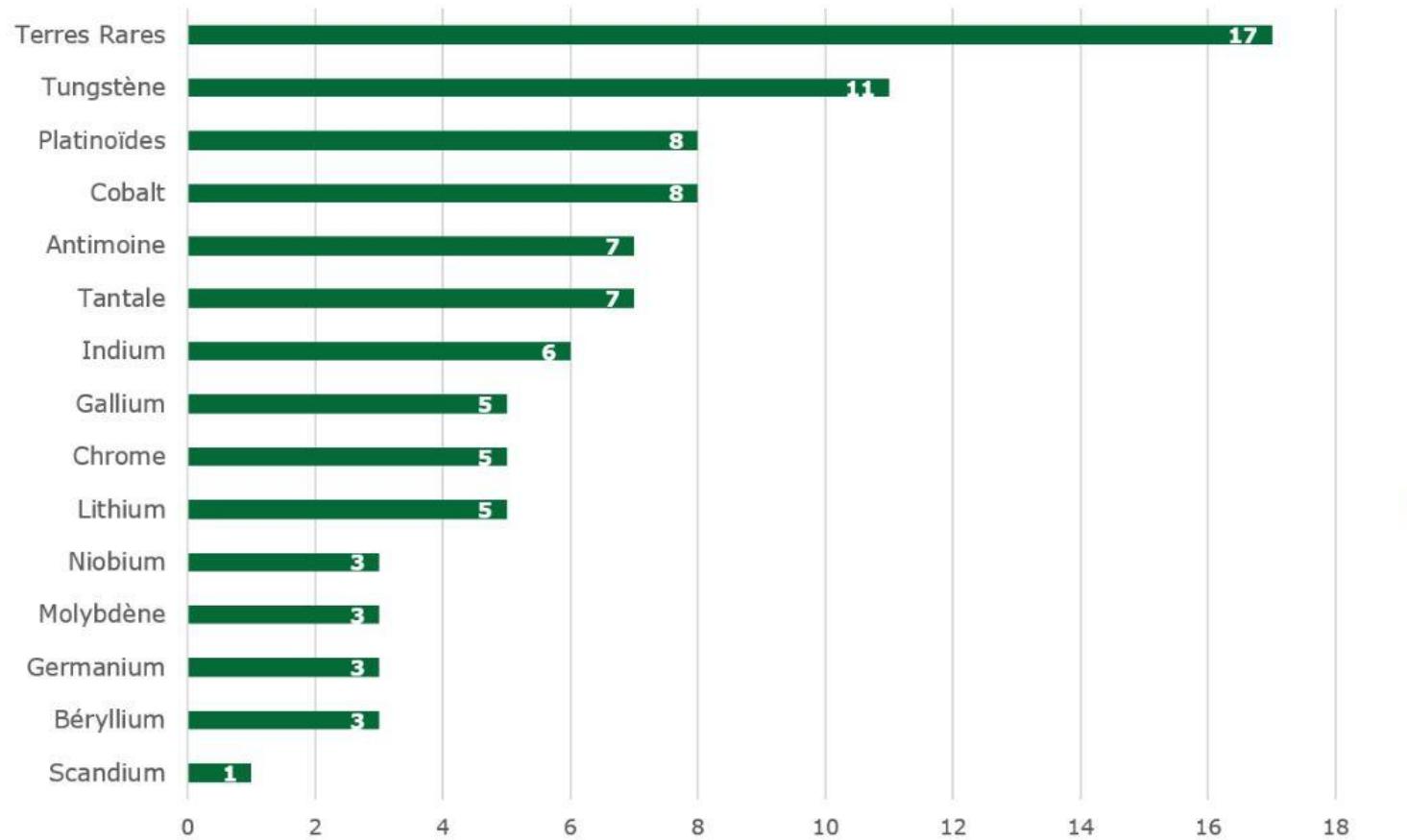


**Figure 3.** Embodied primary energy of 16 metals [10] plotted against the dilution, or inverse of concentration, of the common ores used to produce the metals [12].

## En fonction de la composition type d'un smartphone ?



# Métaux faisant l'objet de recherche (10 ans)



# Une mauvaise connaissance de la composition des équipements

Diversité – en quantité selon les modèles

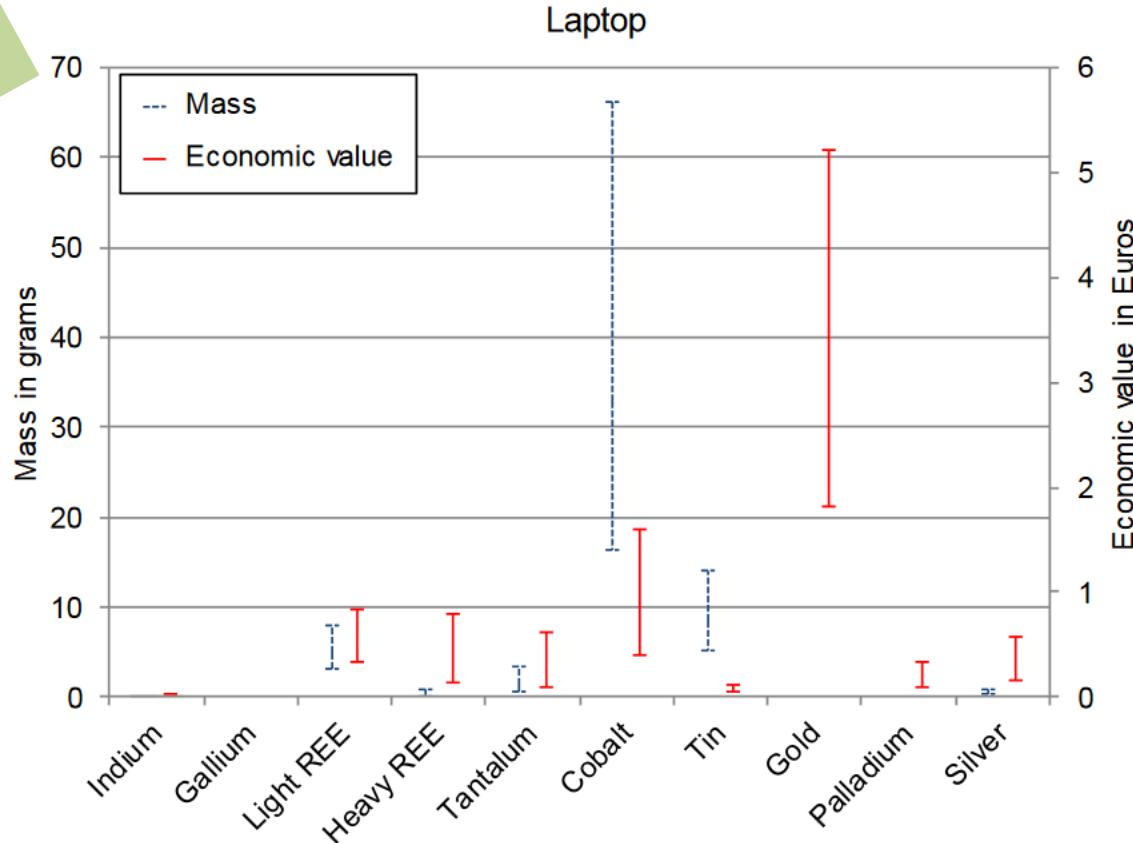


Figure 7 — CRMs and other relevant materials in notebooks (Chancerel et al., 2015)

**Table 3.** Chemical composition of PCBs in the present study and values reported by other authors.

Metal content	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	This study
Cu (%)	19	20	22	12.5	26.8	15.6	19.66	28.7	27.6	14.6	12.58	19.19	28	14.2
Al (%)	4.1	2	—	2.04	4.7	—	2.88	1.7	—	—	2.38	7.06	2.6	—
Pb (%)	1.9	2	1.55	2.7	—	1.35	3.93	1.3	—	2.96	2.44	1.01	—	2.50
Zn (%)	0.8	1	—	0.08	1.5	0.16	2.10	—	2.7	—	—	0.73	—	0.18
Ni (%)	0.8	2	0.32	0.7	0.47	0.28	0.38	—	0.3	1.65	0.39	5.35	0.26	0.41
Fe (%)	3.6	8	3.6	0.6	5.3	1.4	11.47	0.6	2.9	4.79	3.24	3.56	0.08	3.08
Sn (%)	1.1	4	2.6	4.0	1.0	3.24	3.68	3.8	—	5.62	1.41	2.03	—	4.79
Sb (%)	—	—	—	—	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05
Cr (%)	—	—	—	—	—	—	0.005	—	—	0.356	—	—	—	—
Na (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.48
Ca (%)	—	—	—	—	—	—	1.13	—	1.4	—	—	—	—	1.69
Ag (ppm)	5210	2000	—	300	3300	1240	500	79	—	450	—	100	135	317
Au (ppm)	1120	1000	350	—	80	420	300	68	—	205	—	70	29	142
Pt (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—
Cd (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1183
K (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	180
In (ppm)	—	—	—	—	—	—	500	—	—	—	—	—	—	—
Mn (ppm)	—	—	—	—	—	—	9700	—	4000	—	—	—	—	81
Se (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21
As (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11
Mg (ppm)	—	—	—	500	—	—	1000	—	—	—	—	—	—	—
Pd (ppm)	—	50	—	—	—	—	—	33	—	220	—	—	—	—
Co (ppm)	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	400	—	—
Ti (ppm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400	—	—
Total Metals (%)	31.9	39.3	30.1	22.6	40.2	22.2	46.5	36.1	35.3	30.1	22.5	39.1	31.1	27.6

(a) Feldman (1993) [13]; (b) Menetti *et al.* (1995) [14]; (c) Iji *et al.* (1997) [15]; (d) Veit *et al.* (2002) [16];  
 (e) Zhao *et al.* (2004) [17]; (f) Kim *et al.* (2004) [18]; (g) Wang *et al.* (2005) [19]; (h) Creamer *et al.* (2006) [20];  
 (i) Marco *et al.* (2008) [21]; (j) Hino *et al.* (2009) [2]; (k) Das *et al.* (2009) [22]; (l) Yoo *et al.* (2009) [23];  
 (m) Oliveira *et al.* (2010) [4].

Diversité – en  
quantité et nature  
avec l'évolution

			Masse de métal en g			
Métaux	Volumes annuels extraits en tonne	Volumes annuels utilisés pour les TIC	smartphone	laptop	PC	TV
Cuivre	21000000 [2]		2(12) - 22.258(13) - 20 (17)	171 (17)		885 (17)
Argent	27000 [3]	21% [11]	0.09(12) - 0.225 (13) - 0.305 ( 14)	0.2915 (16)	0.7326 (16)	
Or	3260 [4]	9% [11]	0.036(12) - 0.048 (13) - 0.030 (14)	0.053 (16)	0.1332 (16)	
Palladium	210 [5] ; 209 (18)	17% [11] - 10% (18)	0.00004 (13) - 0.011 (14) - 0.0050 (17)	0.053 (16) - 0.00098 (17)	0.1332 (16)	
Tantale	1800 [6]	66% [11] - 34% (15) - 33% (18)	0.020(12) - 0.067 (13) - 0.045 (17)	1.537 (16) - 0.54 (17)	3.8628 (16)	
Indium	750 [7] - 689 (18)	56% (18)	0.002(12) - 0.004 (13) - 0.007 (17)	0.018 (17)		12.1 (17)
Cobalt	140000 [8]		0.07(12) - 6.126 (13) - 6.3 (14) - 5.8 (17)	0.0265 (16) - 12 (17)	0.0666 (16)	
Lithium	85000 [9]		0.813 (13)			
Germanium	120 [10]	39% (18)	0.002(12)			
Nickel			2.7(12) - 2.916 (13)	1.59 (16)	3.996 (16)	
Gallium	450-600 (18)	70% (18)	0.00048 (17)	0.0265 (16) - 0.076 (17)	0.0666 (16)	0.2 (17)

Substance principale	Al	Au	Be	C	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Nb	Ni	P	Pb	Pt	Sb	Sn	Tl	TR	U	W	Zn
Co-produits partiels		Cu			Fe	Au		K	Fe		Cu		Zn	Pd	Au	W		Nb	Cu	Sn	Pb
						Ni	Zn	Mg		Fe							Ti			Cu	
						U		B													
Sous-produits aussi exploités ailleurs en substance principale		Sb			Pt	Pt	TR	Be			TR	Pt	U	Sb	Ni	Nb	Sn	P		Be	
					Pd	Pd					Pd	TR		Cr		TR	TR			Ta	
					Rh	Rh					Nb										
Sous-produits exploités principalement en sous-produits		Ag				Co		Ta			Ta	Co		Ag			Ta				
						Ag		I													
Sous-produits exploités uniquement en sous-produits	Ga	As		Ga		Mo				Rh			Bi	Rh	As	Zr	Th	V	As	In	
	Sc	Te		Ge		Re			Ru			Tl	Ru		Hf					Ge	
				Se		Se			Ir				Ir		V				Cd	Tl	
				V		Te			Os				Os								

Composition moyenne d'un smartphone (orange labs)

> 300 mg

> 20 mg

NB1 : Les associations ci-dessus sont les associations les plus communes, mais chaque gisement est particulier et ce tableau ne peut pas être exhaustif.

NB2 : Les différents co- ou sous-produits d'une substance principale donnée peuvent ne pas pêtre associés entre eux, car ils correspondent à des types de gisements différents. Ainsi par exemple pour le cuivre, les gisements de type porphyry peuvent fournir Au, Mo, Re en sous-produits, les gisements de type sediment-hosted Co (Copperbelt) ou Ag (Pologne) ; les gisements de type Ni-Cu sulfuré Ni, Co, Pt, Pd, Rh ; les gisements de type VMS Zn, Sn ; les gisements IOCG U ; Pour le lithium, les gisements de type salar peuvent fournir K, Mg, B, I ; et les gisements de type minéraux Ta, Be etc.

# Le poids des TIC dans la demande mondiale

Métal	Production minière mondiale 2013 (*)	Consommation totale du secteur électronique % de la demande (**)	Commentaires
Cuivre	18,7 millions t	~ 6 %	3% équipements, 3% infrastructure télécom
Etain	296.000 t	~ 35%	
Antimoine	160.000 t	< 20 %	Total retardateur de flammes ~ 35%
Argent	26.000 t	~ 20 %	
Or	2.860 t	~ 10 %	
Platine	160 t	~ 2 %	
Palladium	190 t	~ 12 %	
Ruthénium	~ 30 t	~ 55 %	
Tantale	~ 1400 t	~ 60 %	
Indium	~ 800 t	~ 80 %	
Gallium	~ 440 t	~ 90 %	
Germanium	~160 t	30 – 50%	
Bismuth	8.500 t	~ 15 %	
Sélénium	~ 2.300 t (hors USA)	~ 10%	Inclus photovoltaïque
Tellure	~ 450 t (?)	< 10 %	Principalement photovoltaïque
Lithium	36.000 t	~ 20 %	
Cobalt	112.000 t	~ 35 %	

Source : (\*) USGS 2015, (\*\*) Demande totale = Production minière + Recyclage + Déstockage

# Demande cumulée

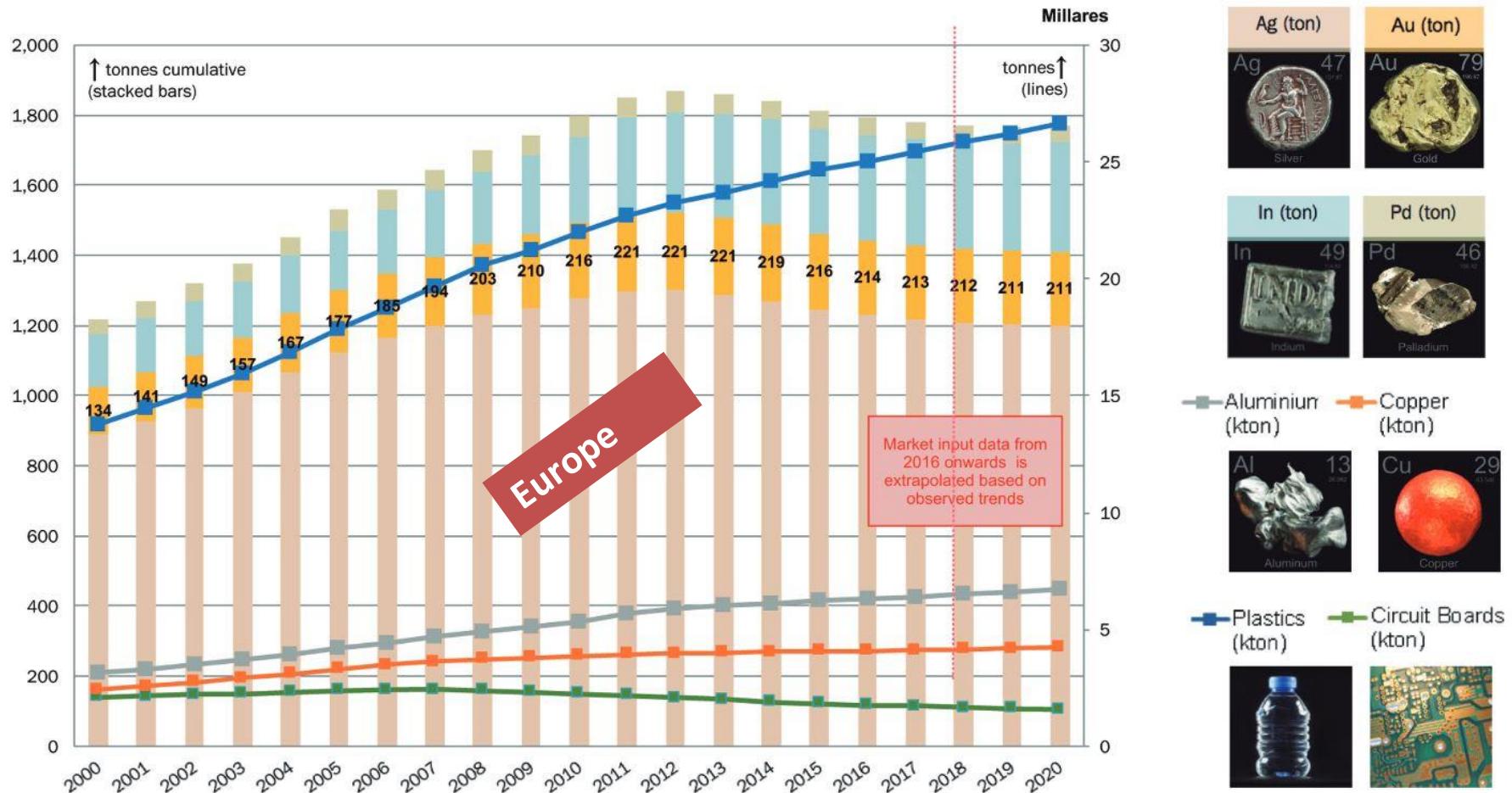


Figure 2. The Urban Mine development for selected elements, materials and components from EEE in-stock, 2000-2020, EU28+2.

Source : [http://prosumproject.eu/sites/default/files/DIGITAL\\_Final\\_Report.pdf](http://prosumproject.eu/sites/default/files/DIGITAL_Final_Report.pdf)

# Quels volumes dans le monde ?

	GES fabrication (kg CO2 par équipement)	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL (tonnes CO2)
Desktop-PC	195 (DELL)	133850000	113600000	103300000	97800000	94000000	105797250
Laptop	199 (DELL)	174280000	163100000	156800000	161600000	162300000	162797920
Tablets	130 IPAD	230100000	208000000	174900000	163700000	150300000	120510000
serveurs	1000 (DELL)	10090000	11090000	11100000	11450000	12800000	56530000
smartphones	61 (ShiftProjet)	1294000000	1431500000	1470300000	1465000000	1406900000	431129700
écrans	349 (DELL)	130000000	130000000	130000000	130000000	130000000	226850000
TV	441 (ShiftProjet)	200000000	235000000	200000000	193700000	200000000	453656700
TOTAL							1557271570

Source : statista

Monde

JUL  
2018

## DIGITAL AROUND THE WORLD IN JULY 2018

THE LATEST STATISTICAL INDICATORS FOR INTERNET, SOCIAL MEDIA, AND MOBILE USE AROUND THE WORLD

TOTAL  
POPULATION



INTERNET  
USERS



ACTIVE SOCIAL  
MEDIA USERS



UNIQUE  
MOBILE USERS



ACTIVE MOBILE  
SOCIAL USERS



**7.636**  
BILLION

**4.119**  
BILLION

**3.356**  
BILLION

**5.089**  
BILLION

**3.096**  
BILLION

URBANISATION:

**55%**

PENETRATION:

**54%**

PENETRATION:

**44%**

PENETRATION:

**67%**

PENETRATION:

**40%**

SOURCES: POPULATION UNITED NATIONS; U.S. CENSUS BUREAU; INTERNET WORLD STATS; ITU; EUROSTAT; INTERNET INSTITUTE; UN; WORLD BANK; FAIRCHILD, GOVERNMENT OFFICIALS, REGULATORY AUTHORITIES, BUSINESS & MEDIA, SOCIAL MEDIA AND MOBILE SOCIAL MEDIA; FACEBOOK, TWITTER, TECHCRUNCH, KEROS ANALYSIS; MOBILE DATA INTELLIGENCE; GOOGLE; ERICSSON, KEROS ANALYSIS. NOTE: PENETRATION FIGURES ARE ESTIMATES.

Monde

Source :

<https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-internet/>

**Table 3.1: Average annual growth rate of EEE per group of countries, by Purchasing Power Parity**

Purchasing Power Parity range (USD/inh. in 2016)	Average growth rate per year
Highest PPP	> 34000
High PPP	34000 - 15280
Mid PPP	15280 - 6740
Low PPP	6740 - 1700
Lowest PPP	< 1700

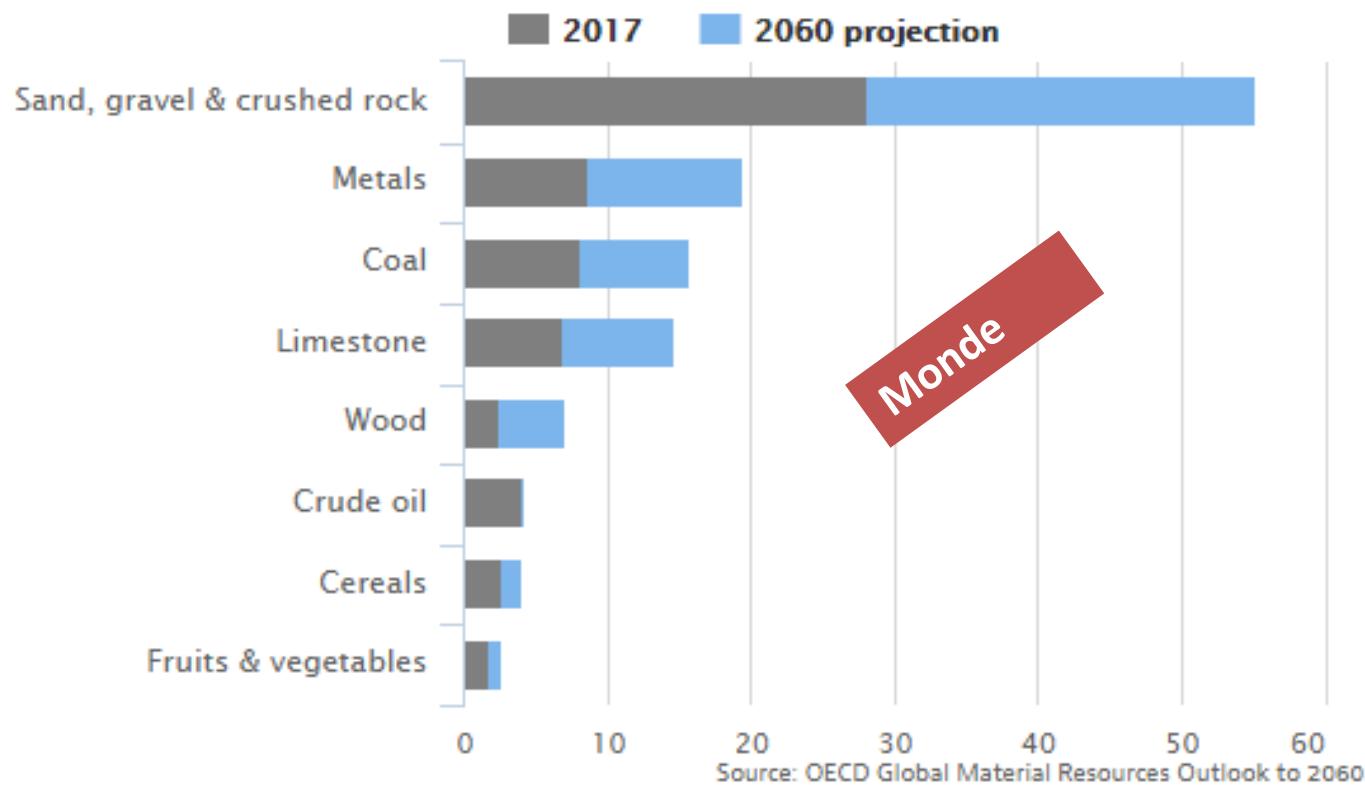
Source :

<https://globalewaste.org/wp-content/uploads/2018/10/Global-E-waste-Monitor-2017.pdf>



## Construction materials dominate resource consumption

Consumption in gigatonnes



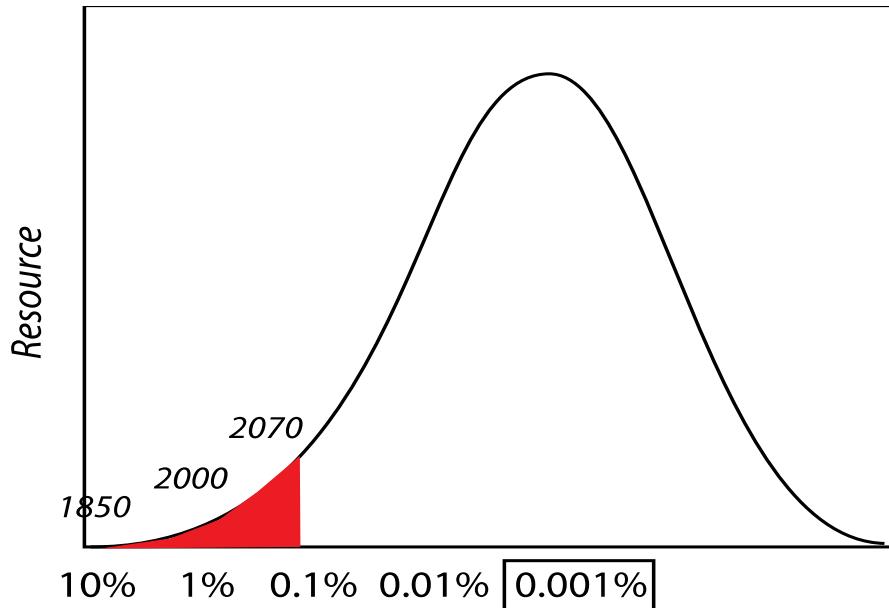
# Durée d'utilisation

*Table 40. Typical product lifetime of personal computers and peripheral products for their first life.*

Category	Typical life time (this study)
Desktop	6
Integrated desktop	6
Workstation	7
Thin client	5
Integrated thin client	5
Notebook	5
Tablet/Slate	3
Portable all-in-one	5
Small scale servers	6
External graphics adapters	5
Docking Stations	5
Peripheral products	6
Power supply units, internal & external	6

It was decided in this study that the typical lifetime shown in Table 40 will be used for this review study, since this study is based strictly on the design features of the products. This decision reduces the sources of data variation which cannot be included in this assessment due to lack of data for the whole EU.

# Réserves ?



Energie de production et concentration (cas du Cu et du Ni)

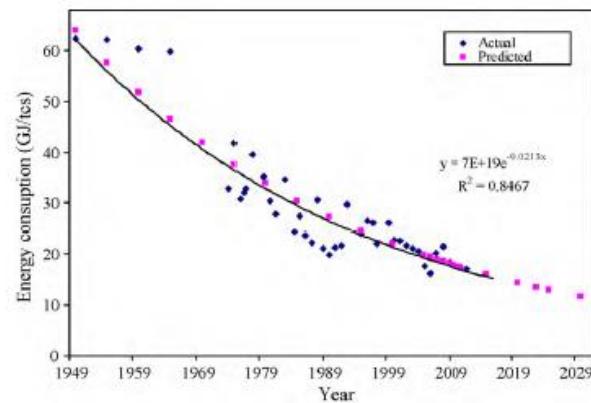
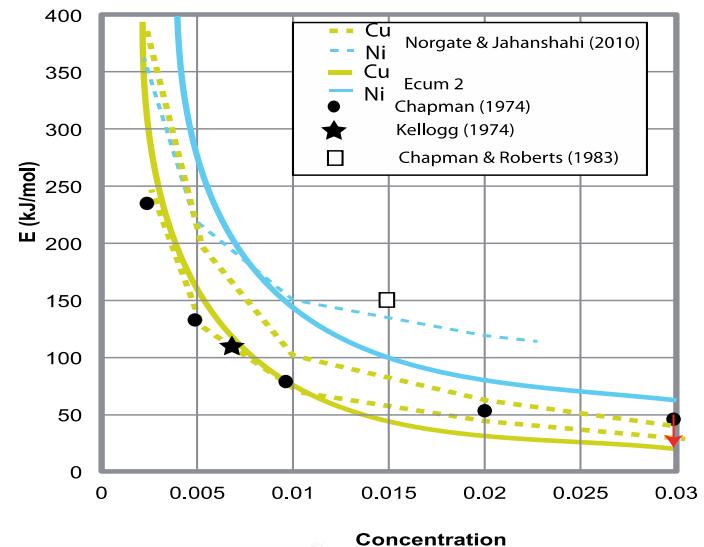
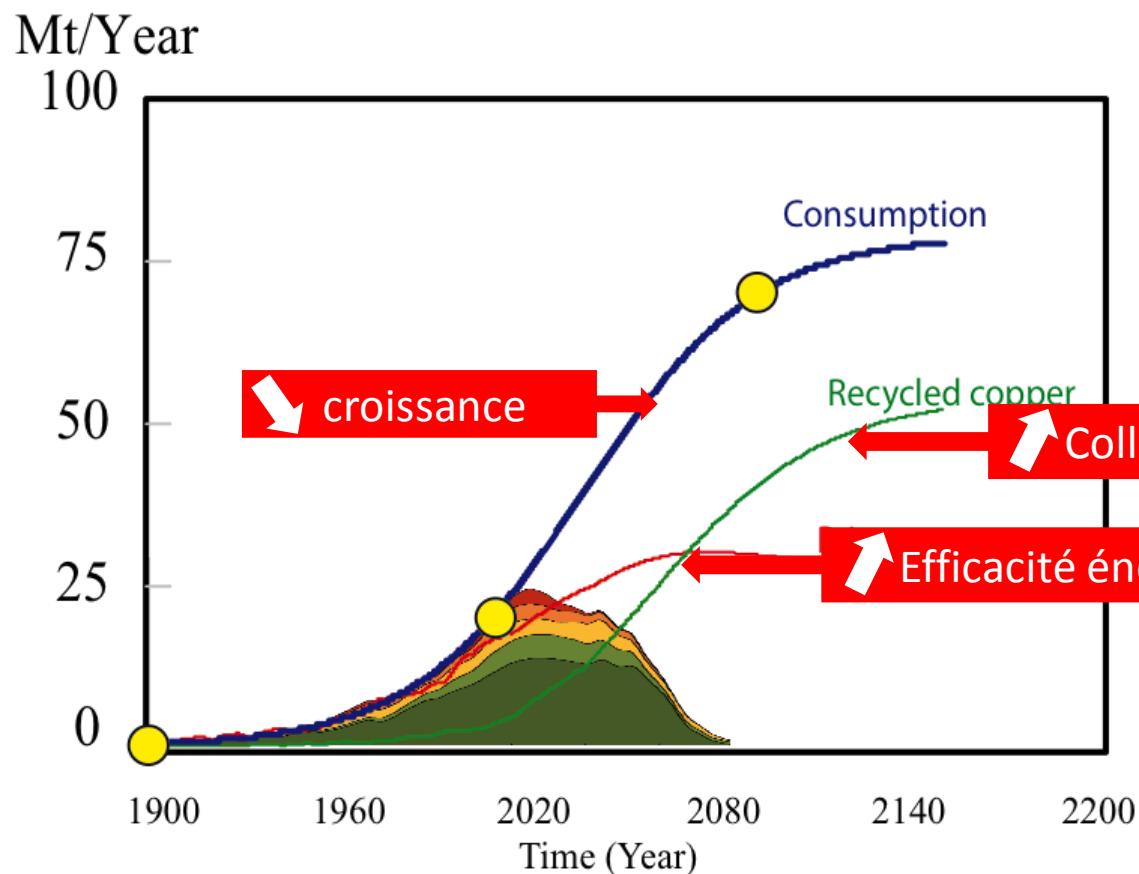


Fig. 5. Actual and projected specific energy consumption in the steel industry (world average).

# Modélisation



Dans ces conditions les réserves pourraient être encore accessibles pendant qqs centaines d'années ?

Source : Olivier Vidal, 2018

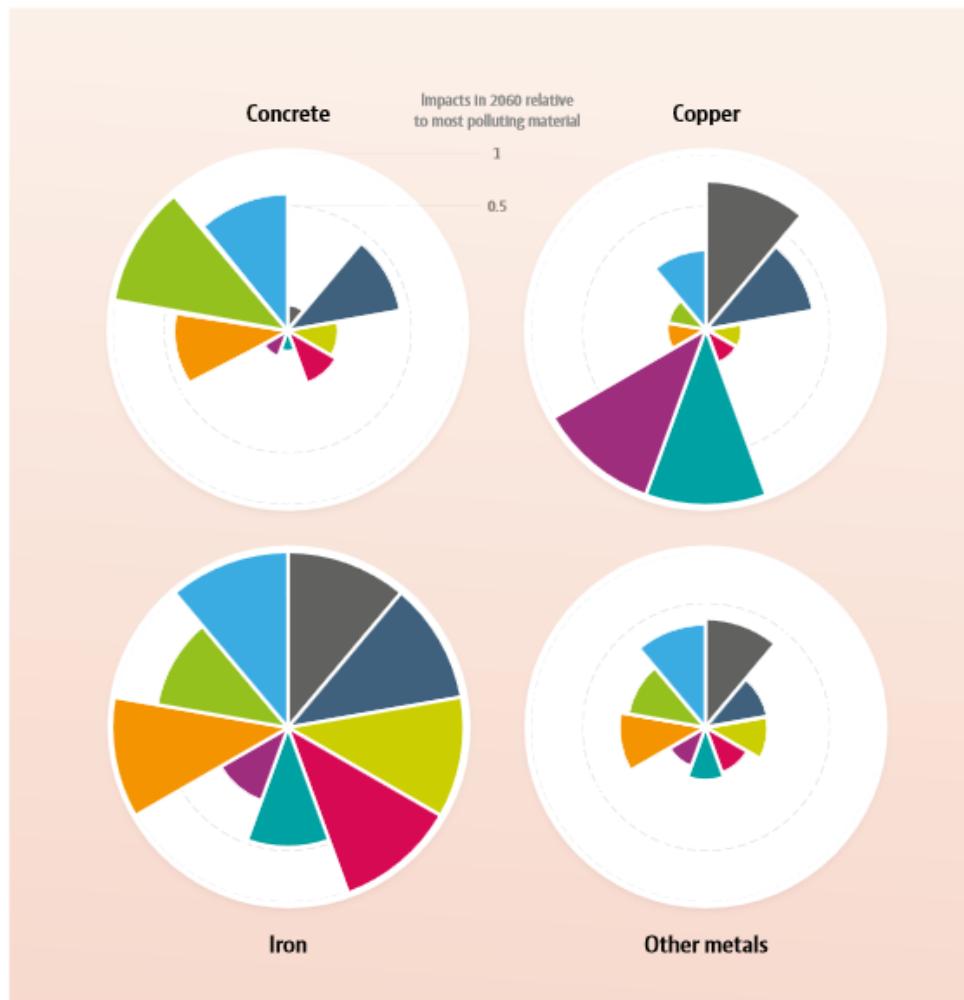
# Impacts pollution / impacts sociaux

- Pollution diffuse plus ou moins localisée, plus ou moins durable
- Polluants bioaccumulables ...

Et impacts sociaux

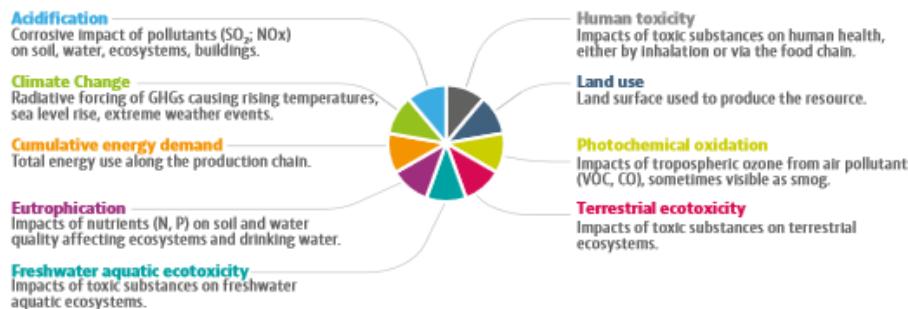


Figure 12. Global environmental Impacts differ significantly across materials



Source :

<https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>



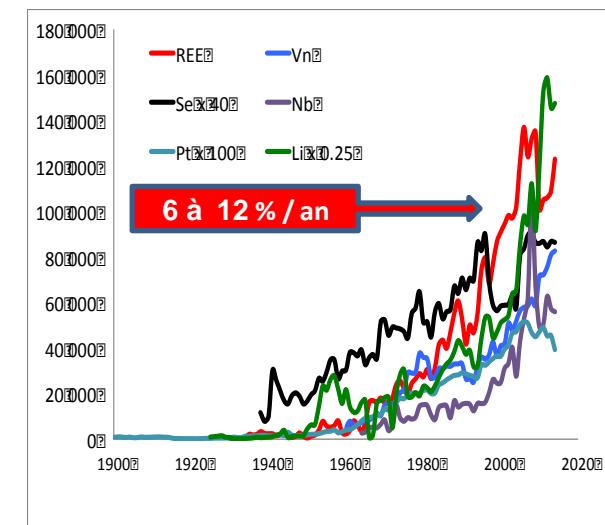
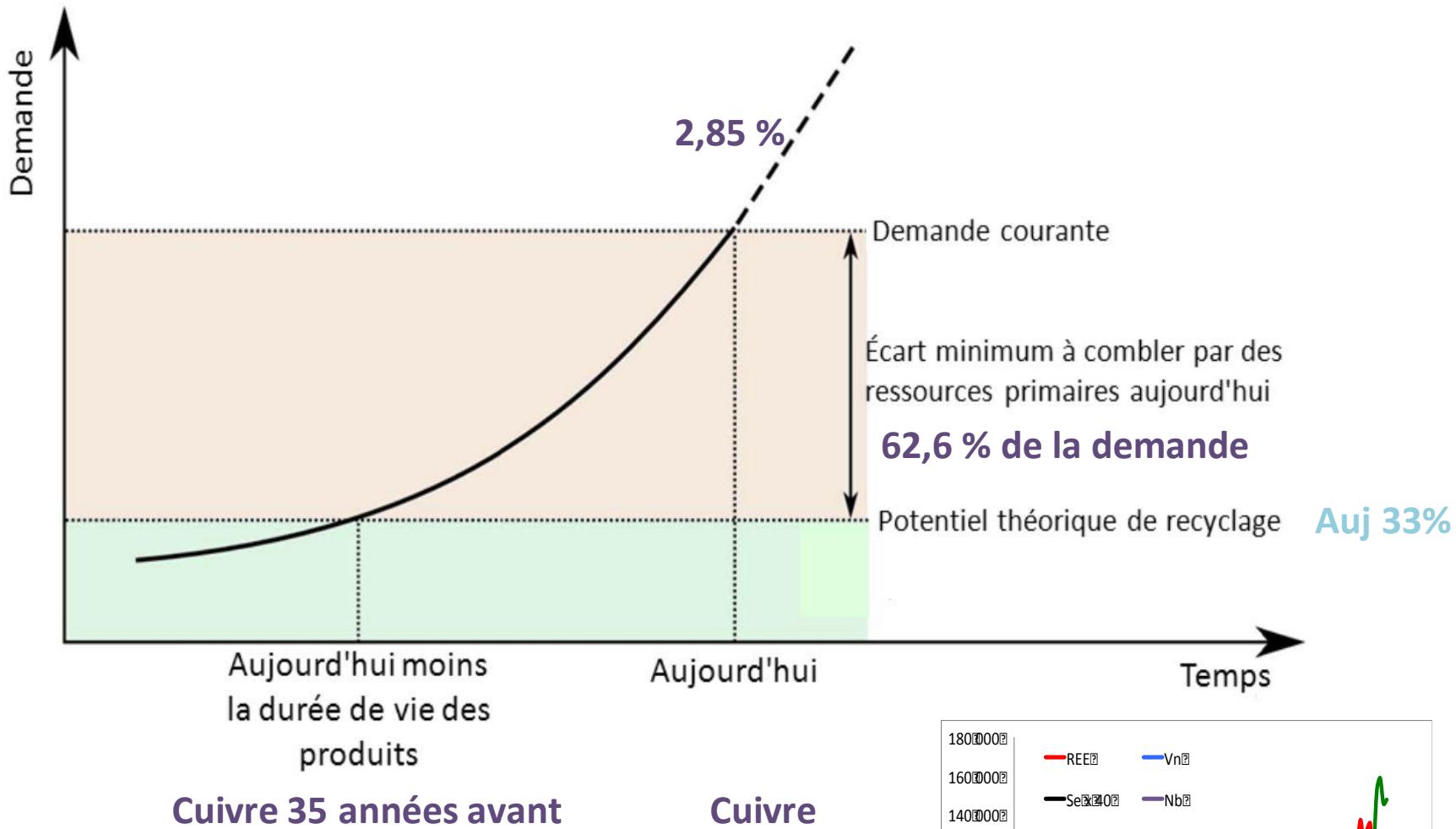
# Usage

Quels impacts indirects et effets rebond  
indirects ?

→ augmentation utilisation métaux dans  
d'autres secteurs

# Pistes

- Composition équipements (métaux) ou volumes métaux utilisés par les industriels
- Tendances substitutions
- Améliorer connaissances sur impacts environnementaux & sociaux
- Quelles tensions / flux / routes ? [sensibilité des secteurs à des ruptures d'approvisionnement]

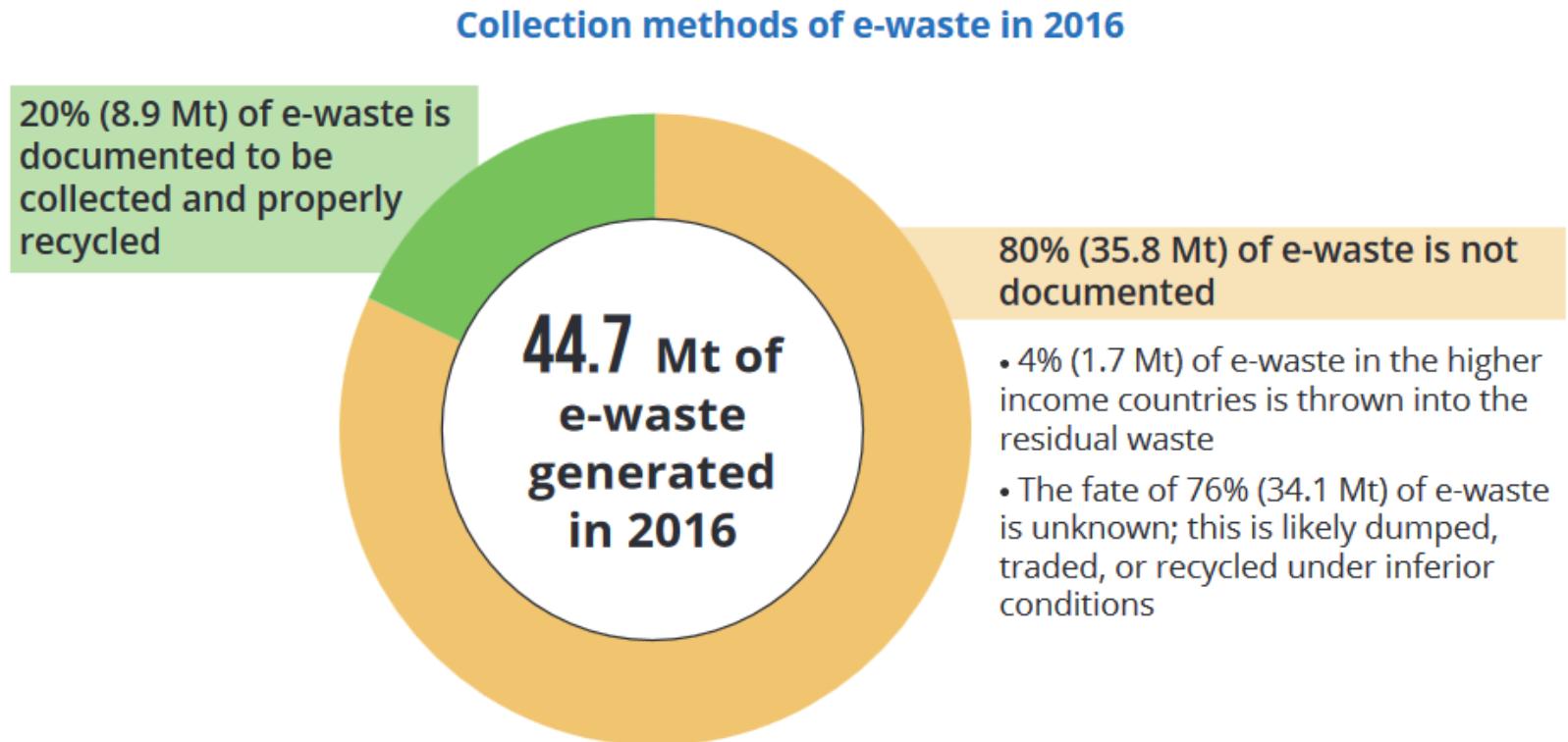


# Reyclage

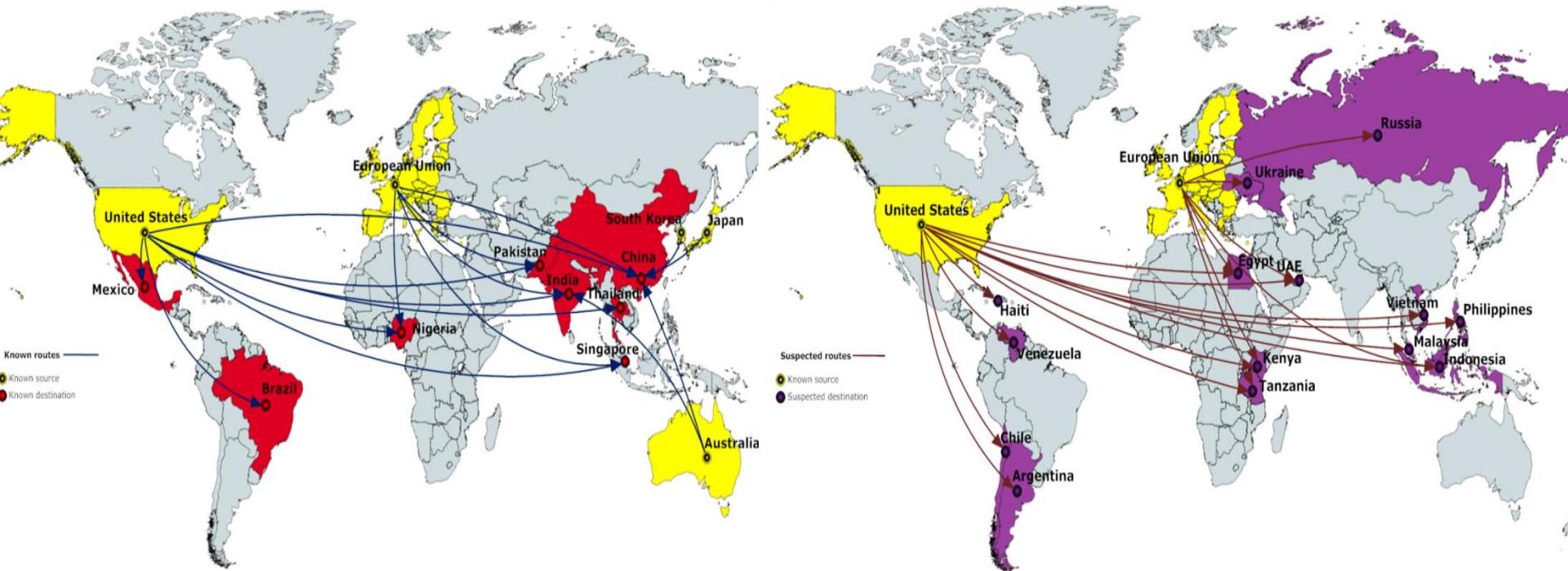
# Difficultés

- Problèmes de définition (taux de collecte, taux de recyclage)
- Changements dans les règlementations
- Problème d'accès aux données
- Problèmes d'absence de données (traitements par flux et non par catégories dans la filière de recyclage en Europe)
- Problèmes de connaissances (traitement monde)
- Manque de connaissances pollutions liées aux traitements de DEEE informels ou +/- bien gérés

# Absence d'informations



# Traffic illégal & suspecté de déchets électroniques



Ref : Int. J. Environ. Res. Public Health 2016, 13(8), 789;

Quantifying the Effect of Macroeconomic and Social Factors on Illegal E-Waste Trade

Loukia Efthymiou, Amaryllis Mavragani and Konstantinos P. Tsagarakis \* [ORCID]

Business and Environmental Technology Economics Lab, Department of Environmental Engineering, School of Engineering, Democritus University of Thrace, Vas. Sofias 12, Xanthi 67100, Greece

# Recyclage : les flux

- GEM
- GEM froid
- PAM
- Ecrans
- Lampes
- Panneaux photovoltaïques

# Recyclage (les anciennes catégories+qq)

- Catégorie 1 : Gros appareils ménagers
- Catégorie 2 : Petits appareils ménagers
- Catégorie 3 : Équipements informatiques et de télécommunications (équipements disposant d'écrans inférieurs à 100 cm<sup>2</sup> ou n'ayant pas d'écran)
- Catégorie 4 : Matériel grand public (dont Écrans, moniteurs et équipements comprenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm<sup>2</sup>)
- Catégorie 5 : Matériel d'éclairage
- Catégorie 6 : Outils électriques et électroniques
- Catégorie 7 : Jouets, équipements de loisirs et de sport
- Catégorie 8 : Dispositifs médicaux
- Catégorie 9 : Instruments de surveillance et de contrôle
- Catégorie 10 : Distributeurs automatiques
- Catégorie 11 : Panneaux photovoltaïques
- Catégorie 12 : appareillage d'installation pour le réseau d'énergie électrique basse tension et le réseau de communication
- Catégorie 13 : équipements de production de stockage et de conversion d'énergie
- Catégorie 14 : cartouches d'impression professionnelles

# Recyclage (les nouvelles catégories)

- Cat 2 : Screens, Televisions, LCD photo frames, Monitors, Laptops, Notebooks, Tablets, eBook-/e-Readers [mais pas les smartphones]
- Cat 5 : <50 cm
- Cat 4 : >50 cm
- Cat 6 : Mobile phones (smartphones, phablets etc.), GPS and navigation equipment, Pocket calculators, Routers, Personal computers, Printers, Telephones.

# Urban Mine Platform

### Composition of EEE - materials per country

 Home > Composition > EEE > Material

**⚠ Tungsten alloys - Waste Generated per country in kilograms for VI. Small IT**

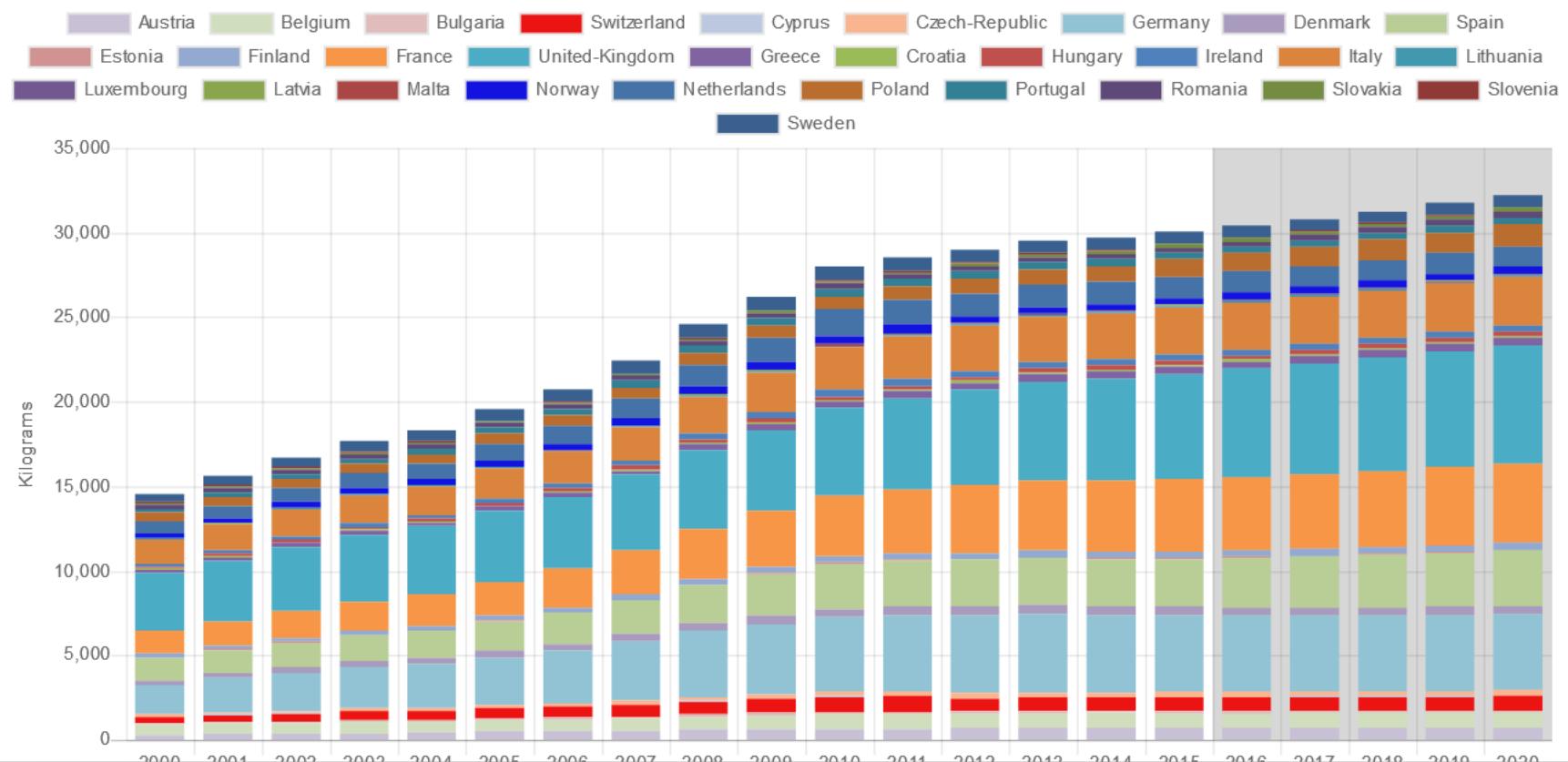
Show all

 Hide all

**View by:** Waste Generated ▾

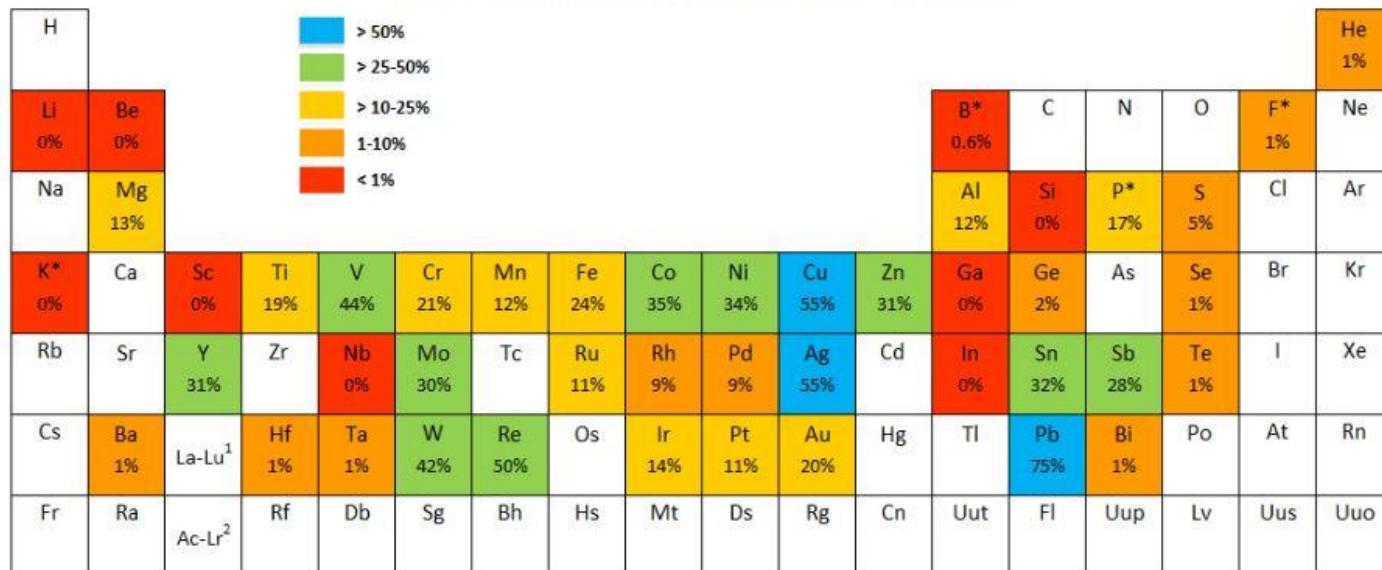
**Collection category:**

**Material:** Tungsten alloys



Europe

### End-of-life recycling input rate (EOL-RIR) [%]



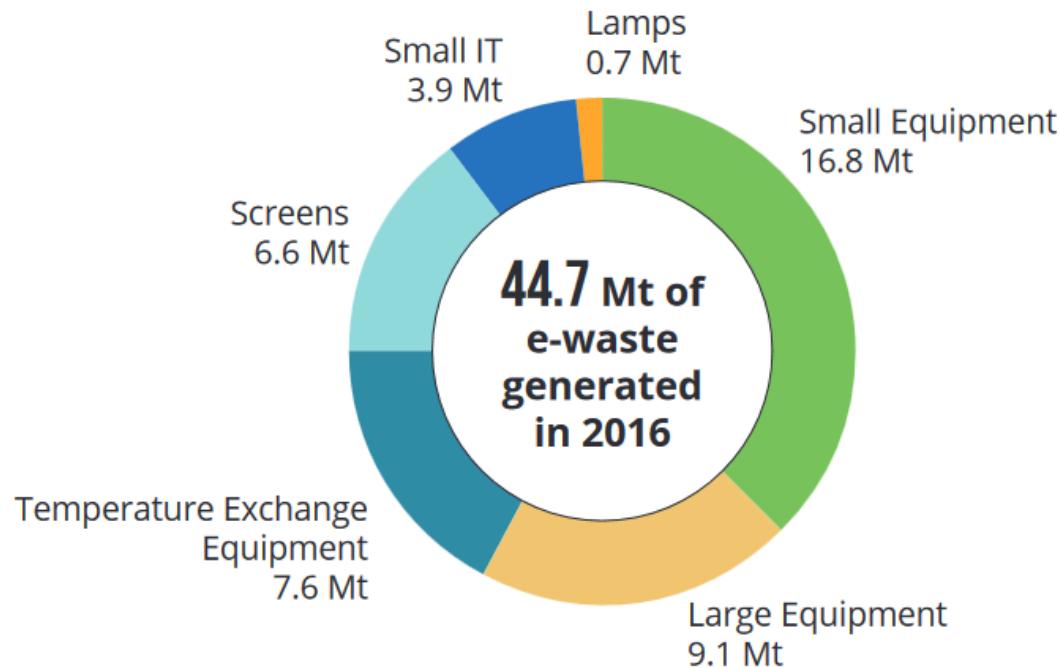
<sup>1</sup> Group of Lanthanide	La 1%	Ce 1%	Pr 10%	Nd 1%	Pm	Sm 1%	Eu 38%	Gd 1%	Tb 22%	Dy 0%	Ho 1%	Er 0%	Tm 1%	Yb 1%	Lu 1%
<sup>2</sup> Group of Actinide	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Aggregates 7%	Bentonite 50%	Coaking Coal 0%	Diatomite 0%	Feldspar 10%	Gypsum 1%	Kaolin Clay 0%	Limestone 58%	Magnesite 2%	Natural Cork 8%	Natural Graphite 3%	Natural Rubber 1%	Natural Teak Wood 0%	Perlite 42%	Sapelite wood 15%	Silica Sand 0%	Talc 5%
------------------	------------------	-----------------------	-----------------	-----------------	--------------	----------------------	------------------	-----------------	-----------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------------	----------------	-------------------------	----------------------	------------

\* F = Fluorspar; P = Phosphate rock; K = Potash, Si = Silicon metal, B=Borates.

Figure 2. Current contribution of recycling to meet EU demand of CRMs: end-of-life recycling Input Rate (EOL-RIR). Source: JRC elaboration based on (Deloitte Sustainability, 2015) and (Deloitte Sustainability et al., 2017))

Chart 6.5: Estimates of e-waste totals per category in 2016



The global quantity of e-waste in 2016 is mainly comprised of Small Equipment (16.8 Mt), Large Equipment (9.1 Mt), Temperature Exchange Equipment (7.6 Mt), and Screens (6.6 Mt). Lamps and Small IT represent a smaller share of the global quantity of e-waste generated in 2016, 0.7 Mt and 3.9 Mt respectively.

# Monde dont Europe

Relevance of end use sector per metals (% of total gross metal demand)\*

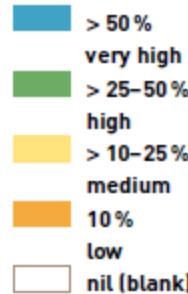


Table E1.

EOL Recycling Rates		Sector-specific EOL recycling rates					Jewel- lery, coins
1)		Vehicles 2)	Electronics	Industrial applications 3)	Dental	Others 4)	5)
<b>Ru</b>	5–15		0–5	40–50		0–5	
<b>Rh</b>	50–60	45–50	5–10	80–90		30–50	40–50
<b>Pd</b>	60–70	50–55	5–10	80–90	15–20	15–20	90–100
<b>Ag</b>	30–50	0–5	10–15	40–60		40–60	90–100
<b>Os</b>	no relevant end use sectors						
<b>Ir</b>	20–30	0	0	40–50		5–10	
<b>Pt</b>	60–70	50–55	0–5	80–90	15–20	10–20	90–100
<b>Au</b>	15–20	0–5	10–15	70–90	15–20	0–5	90–100

Estimated end-of-life recycling rates for precious metals for the main end use sectors (global averages, percent, functional recycling only).

1) Total without jewellery, coins [no typical end-of-life management for these products]

2) Autocatalysts, spark plugs, conductive Ag-pastes, excluding car-electronics

3) incl. process catalysts/electrochemical, glass, mirror (Ag), batteries (Ag). In some cases, the available EOL metal is reduced due to prior in-use dissipation (e.g., homogeneous Pt-catalysts).

4) incl. decorative, medical, sensors, crucibles, photographic (Ag), photovoltaics (Ag)

5) incl. medals & silverware

\* including metal demand for closed loop systems (e.g., process catalysts, glass and other industrial applications)

**Table 8.1: Percentage of population covered by legislation per sub-region, in 2014 and 2017**

	2014	2017
World	44%	66%
East Africa	10%	31%
Middle Africa	14%	15%
Northern Africa	0%	0%
Southern Africa	0%	0%
Western Africa	49%	53%
Caribbean	12%	12%
Central America	74%	76%
Northern America	98%	100%
South America	29%	30%
Central Asia	0%	0%
Eastern Asia	99%	100%
South-Eastern Asia	14%	17%
Southern Asia	0%	73%
Western Asia	37%	38%
Eastern Europe	46%	99%
Northern Europe	99%	100%
Southern Europe	100%	100%
Western Europe	99%	100%
Australian & New Zealand	81%	85%
Melanesia	0%	0%
Micronesia	0%	0%
Polynesia	0%	0%

# Espoirs

- Criticité
- Prise de conscience
- Aspects législatifs ?
- Amélioration collective
- Amélioration techniques de recyclage

# Mais

- Pollutions & pbs sociaux
- Manque informations

# En conclusion

Dynamique du secteur (évolution type d'objets, masse et composition)

- + faible durée de vie
- + ressources limitées et en baisse
- + collecte déchets faible
- + connaissances ténues sur recyclage (monde)
- + flux internationaux
- + pénétration numérique dans tous les secteurs

➔ Améliorer connaissances pour anticiper des risques (ruptures, pollutions, conflits sociaux) dans le contexte d'une planète à au moins +3°C en moyenne

# Quelques références

- **Analysis of material efficiency requirements of enterprise servers**  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC96944/lb-na-27467-en-n%20.pdf>
  - **Bill of materials of an exemplary electronic display and notebooks**  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC100785/lb-na-27793-en-n%20%28final%29.pdf>
  - **Bill of materials desktops, tablets and notebooks**  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105156/20180115 - jrc technical report online v02.pdf>
  - Sur la base des données **Urban Mine Platform** (<http://www.urbanmineplatform.eu/homepage>) Informations sur la composition des catégories de EEE mis sur le marché et les DEEE générés
  - **Feasibility study for setting-up reference values to support the calculation of recyclability / recoverability rates of electronic products**  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101426/lb-na-27922-en-n.pdf>
  - **Study on the review of the list of critical raw materials. Non-critical raw materials factsheets and critical raw materials factsheets**  
<http://rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=factsheets-2017-14c133>
  - L'INDUSTRIE DU RECYCLAGE EN FRANCE : CHANGER DE DIMENSION POUR CREER DES EMPLOIS  
[https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\\_services/cge/Rapports/2014\\_01\\_06\\_industrie\\_du\\_recyclage.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/Rapports/2014_01_06_industrie_du_recyclage.pdf)
- [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108710/jrc108710-pdf-21-12-2017\\_final.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108710/jrc108710-pdf-21-12-2017_final.pdf)